

早稲田大学博士論文(審査報告書)		
	学位記	文科省報告
2005	4233	甲 乙 2212

早稲田大学大学院国際情報通信研究科

博士論文審査報告書

論文題目

安全かつ快適な三次元映像表現に関する
人間工学的研究

Ergonomic study on safe and comfortable
three-dimensional image representations

申請者

太田	啓路
Keiji	Ohta

国際情報通信学専攻
マルチメディアとヒューマンファクタ研究Ⅱ

2006年 2月

近年の著しい情報通信技術の進化に伴い、映像メディアの高画質化・高臨場感化が進み、視聴環境もモバイル端末から大画面に至るまで多種多様化してきている。さらに次世代の映像メディアとして、バーチャルリアリティをはじめとした応用技術の実用化が進んでいる。このような次世代の映像メディアを構成するのは、三次元コンピュータグラフィクス（3DCG）や両眼視差を伴う立体映像に代表される三次元映像技術である。こうした映像メディアの進化によって、ユーザが臨場感や迫力といったメリットを得る一方で、生体への悪影響が懸念されている。三次元映像においては、映像酔いと立体映像観察中の眼精疲労が、特徴的な問題としてあげることができる。これまでの映像メディアの安全性に関する取り組みは、主として光過敏性発作の防止を目的としていたが、最近では映像酔いや眼精疲労の評価や軽減手法に、国際的な注目が集まるようになってきた。こうした三次元映像の安全性に関する検討は、盛んになってきているが、未だ解決すべき課題は多い。同時に、三次元映像の特性を有効に活用するための、快適性に関する検討についても、その必要性が指摘されている。

本論文は、このような背景のもとに、安全かつ快適な三次元映像表現の実現を目的として、人間工学的な視点から実証的な取り組みを行い、得られた知見や課題について論じている。具体的に、安全性においては映像酔いや眼精疲労といった生理的な悪影響を軽減すること、快適性においては爽快感や表現力の向上といった積極的な影響の増進について、検討がなされた。三次元映像において、映像酔いと立体映像観察中の眼精疲労は、相互に要因となり得ることから、本論文では、これら二つの視点からの取り組みが行われている。以下に、各章の概要を述べ、評価を加える。

1 章は序論として、本研究の背景、目的および本論文の構成について述べている。映像メディアの生体影響について分類し、本研究が対象とする課題や目標を明確化している。

2 章は「三次元映像が生体へ与える影響」と題し、三次元映像が抱える問題について述べている。具体的には、映像酔いと眼精疲労に関する既存の知見や取り組みについてまとめ、本研究の方針を示している。

3 章は「三次元映像観察によって生じる映像酔いの軽減手法」と題して、3DCG を用いた三次元映像の観察による映像酔いの要因と軽減手法について検討を行った。現実的な利用環境を想定し、最も身近な三次元映像として3DCG 空間を自由に移動する TV ゲームを対象とした。これまで映像酔いの先行研究では、視覚誘導自己運動感覚（ベクシオン）が機序の根拠とされていたために、視野角の広い映像が対象とされることが多かった。これに対して

本章では、比較的視野角の狭い呈示環境を選定し、評価指標としてベクションと眼球運動に着目した。まず、映像酔いの報告された既存のTVゲーム映像中に含まれる不快な映像成分の抽出・分類と、シミュレーションを行った。次に、特に不快感が高かった振動運動と回転運動を含む映像を刺激として取り上げ、評価実験を行った結果、映像酔いの原因となり得る運動パラメータや映像酔いと眼球運動の連関、注視点の付加による映像酔いの軽減効果が示唆された。これらは、映像酔いの検出・軽減機能を付加した製品開発やコンテンツ制作への応用が期待されることから、実用性の高い知見を示した点が評価できる。

4章は「立体視を利用した眼精疲労の軽減手法」と題し、立体映像観察時の眼精疲労の解消と積極的な応用の可能性について検討を行った。三次元映像の観察に伴う眼精疲労は、立体映像において特に顕著となる。これは、立体視の際に水晶体の調節と輻湊の距離情報が一致しないという、視覚系の不整合が原因とされている。そこで本章では、呈示系に補正レンズを付加して調節距離をシフトすることで、視覚系の不整合の軽減を試みた。また、呈示刺激として視標を前後に移動させることで、毛様体筋の弛緩の促進を意図し、眼精疲労を軽減する立体映像の表現手法を併せて検討した。水晶体の調節は、加齢による機能低下が知られていることから、被験者は若年者と壮年者の二群を対象として評価実験を行った。結果から、補正レンズを付加することで視覚系の不整合が改善され、立体映像観察中の眼精疲労の自覚症状が軽減された。また、若年者では調節弛緩時間の短縮が、壮年者の一部では平常時よりも顕著な屈折値の変動がそれぞれ生じており、毛様体筋の弛緩や賦活が示唆された。それにより、コンテンツの表現手法によっては、平面映像よりも視覚的な負担の少ない立体映像が呈示できる可能性があることを、実験データと共に示した点が評価できる。

5章は、「光学補正を用いた三次元映像表現」と題し、映像酔いと眼精疲労の軽減を目的として、注視点上で視覚系の不整合が解消されるという、次世代の三次元映像表現について検討を行った。3章では注視点の付加によって映像酔いが軽減されること、4章では補正レンズの付加によって眼精疲労が軽減されることがそれぞれ示唆されたが、単焦点レンズでは補正範囲が限定されるという問題が残された。そのため本章では、再生する視標の位置に応じて内部のディスプレイ位置を前後に移動して焦点距離を変化させるという、動的な光学補正機構を有するディスプレイを対象とした。まず、本ディスプレイを用いて観察中の水晶体の屈折値を測定し、光学補正の効果を評価した。結果から、動的な光学補正を行うことで視覚系の不整合が解消され、自然視に近い呈示が可能となることが分かった。次に、本ディスプレイを用いた三次元映像表現の基本特性を検討するために、人間の視覚系を考慮した仮想カ

メラの制御パターンを考案・実装し、各制御パターンが与える印象の評価を行った。結果から、仮想カメラの制御パターンを変化させることで、「ディスプレイの中に空間が広がる感覚」、「双眼鏡を覗き込むような感覚」、「仮想空間内のオブジェクトを眼で追うような感覚」といった、印象の異なる映像表現が可能となったことが示された。このような、映像酔いへの配慮と視覚系の不整合の解消を両立した次世代の三次元映像表現において、人間とコンテンツの視点からの先駆的な知見を得た点で評価できる。

6章は結論であり、本研究で得られた成果と今後の課題について、まとめている。

以上、要するに本論文は、映像酔いや視覚系の不整合といった三次元映像表現が抱える問題について、人間工学的視点から実証的な取り組みを行ったものであり、その安全性と快適性を向上させるための科学的・実用的かつ先駆的な研究成果を得た。生体特性を理解し応用するという本研究のアプローチと得られた知見は、三次元映像の安全性と快適性にかかる新たな人間工学的評価・制作手法の確立をもたらすものであり、国際情報通信学の発展に寄与するところ極めて大きい。よって、本論文は博士（国際情報通信学）の学位を授与するに値するものと認める。

2006年2月22日

審査員：

主任	早稲田大学助教授	博士（人間科学）（早稲田大学）	河合隆史
	早稲田大学教授	工学博士（東京大学）	大谷 淳
	早稲田大学教授	工学博士（早稲田大学）	亀山 涉
	早稲田大学教授	理学博士（早稲田大学）	鵜飼一彦